

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : TESTS PALYNOLOGIQUES



TESTS PALYNOLOGIQUES RÉALISÉS EN STRATIGRAPHIE À L'INTÉRIEUR DU COMPLEMENT D'UNE MARDELLE LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DE MOMPACH À PAFEBIERG (LUXEMBOURG).

OPÉRATION 2019-080, Z. DÉCAP ST2 LOG1

CNRA
Service d'archéologie préhistorique
Rapport sur les tests palynologiques

mai 2020

Centre National de Recherche Archéologique

Service d'archéologie préhistorique

**Tests palynologiques réalisés en stratigraphie à l'intérieur du comblement d'une
mardelle lors de l'opération archéologique de Mompach à Pafebiérg
(Luxembourg).**

Opération 2019-080, Z. Décap ST2 LOG1.

Références des échantillons étudiés :

PLV 2, PLV 6, PLV 9, PLV 12, PLV 14

Rapport de tests palynologiques

Loïc GAUDIN

membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et chargé de cours l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

mai 2020

*Illustration de la page de couverture : Pollen de type céréale (Cerealia type) observé
dans le prélèvement 9. Grossissement x1000.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS.....	5
2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS.....	7
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	7
2.2 Les comptages et déterminations.....	8
3. RESULTATS DES TESTS.....	10
4. PRECONISATIONS.....	12
5. BIBLIOGRAPHIE.....	13
6. ANNEXE.....	14
6.1 Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	14
6.2 Description des échantillons et des traitements.....	18

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des tests palynologiques de cinq prélèvements réalisés lors de la fouille d'une mardelle du site de Mompach à Pafebiérg (Luxembourg). Ce rapport vise à estimer le contenu palynologique des prélèvements dans l'optique de faire des analyses plus approfondies.

Le site a été fouillé par le Centre National de Recherche Archéologique sous la direction de Monsieur Laurent Brou. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son responsable Monsieur Foni Le Brun-Ricalens.

1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

La fouille archéologique concerne le comblement d'une mardelle identifiée lors d'un décapage sur la commune de Pafebiërg sur le site de Mompach.

Quinze prélèvements ont été réalisés le long d'une colonne stratigraphique au moment de la fouille (juin 2019) (Fig. 1 et 2). Ils ont été effectués de 1 m à 1,8 m de profondeur. Les différents niveaux prélevés correspondent à des phases de comblement postérieures au fonctionnement et à l'abandon de la mardelle.

Cinq échantillons ont été sélectionnés sur les 15 prélèvements pour réaliser des tests.

D'une façon générale le contexte de conservation n'était pas très favorable. Le comblement ne présentait pas de conditions anaérobies permanentes (ex. nappe d'eau), ce qui rend la conservation des pollens aléatoire.

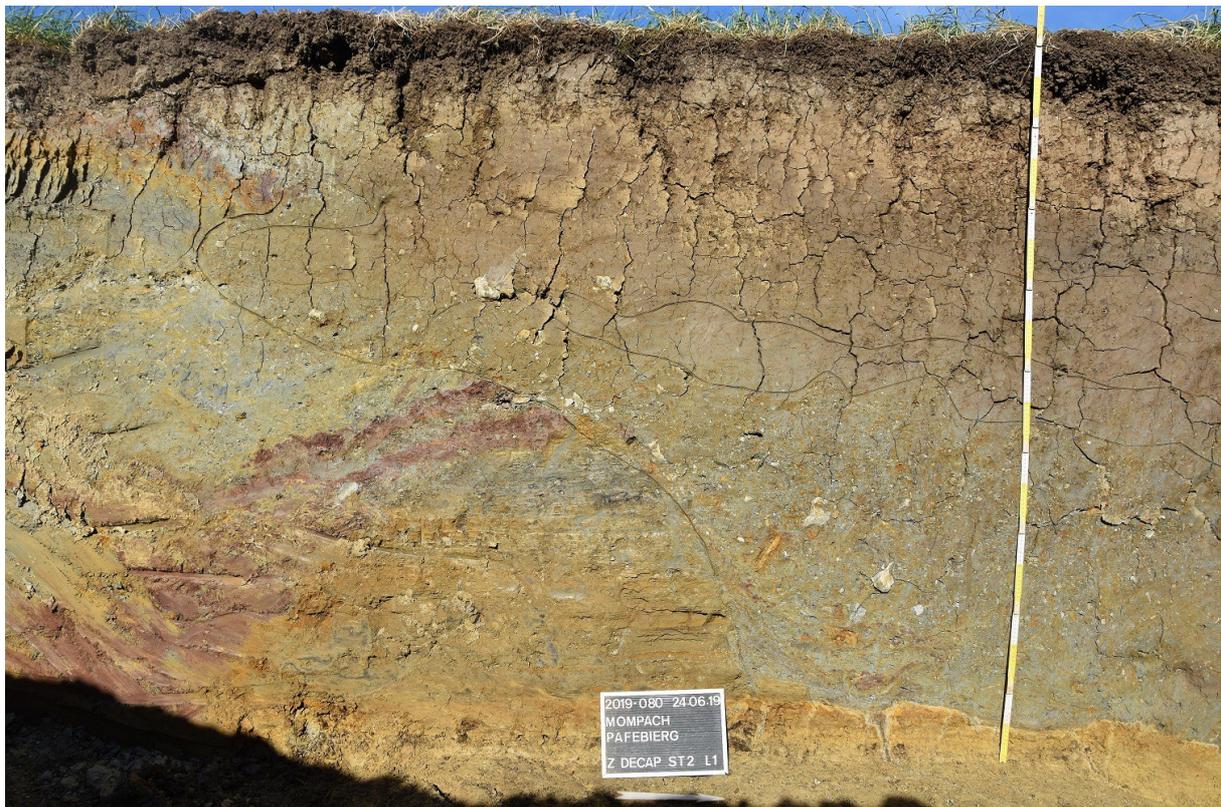


Fig 1. Coupe stratigraphique du comblement de la mardelle (Mompach, Pafebierg)



Fig 2. Position des prélèvements du comblement de la mardelle (Mompach, Pafebierg)

2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS

2.1 Le protocole d'extraction utilisé

L'extraction pollinique a été réalisée au sein du laboratoire de l'UMR CNRS 5805 EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) à l'université de Bordeaux.

Le protocole utilisé est détaillé en annexe (chapitre 6.1).

2.2 Les comptages et déterminations

Les pollens ont été observés au sein du laboratoire ARKEOMAP. L'observation des extractions a été réalisée sous microscope optique à immersion aux grossissements x500 et x1000 (microscopes OLYMPUS CX21 et CX40).



Figure 3. Microscope d'observation (Olympus CX 21, ArkéoMap)

Les outils utilisés pour les déterminations sont de plusieurs sortes :

- des lames de référence du Laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH », de pollens actuels portant principalement sur la flore hygrophile des marais,
- des clichés photographiques pris au microscope optique et électronique,
- de l'atlas photographique « pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord » (Reille, 1992).

Le nombre de grains de pollens et de spores comptés par échantillon peut être variable en fonction des conditions de conservation et de la nature des sédiments. L'objectif de cette pré-étude étant avant tout d'estimer le potentiel palynologique, nous n'avons pas cherché à atteindre le nombre de 300 pollens préconisé par M. Reille (1990).

Nous nous sommes néanmoins attachés à quelques règles et indices pour estimer le contenu palynologique :

- le balayage d'une dizaine « d'allers-retours » de la lamelle,
- un minimum d'une à deux heures a été consacré au balayage de chaque lamelle.

Nous avons aussi calculé des fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par masse (g) de sédiment. Nous nous sommes basés pour cela sur une méthode préconisant l'introduction de pastilles de Lycopodes au nombre connu dans les préparations (Stokmarr, 1972).

Remarque par rapport à la détection des microfossiles non-polliniques (MNP) :

Le parcours des lames polliniques permet souvent d'observer des microfossiles non-polliniques. Ils peuvent être d'origines diverses : spores algales, ascospores fongiques, fructifications, restes de métazoaires, œufs ou kystes de parasites, ...

Il n'est pas toujours possible de déterminer ces microfossiles. Néanmoins, nous nous sommes basés sur les inventaires de Van Geel *et al.* (2006) et C. Cugny (2011) pour identifier certains microfossiles et ainsi compléter l'interprétation des résultats polliniques. La typologie adoptée est celle initiée par B. van Geel, réutilisée et complétée par C. Cugny (2011).

3. RESULTATS DES TESTS

Les résultats des tests sont donnés sous la forme d'un tableau de comptages représentant les effectifs des différents spores et pollens identifiés (Figure 4) .

Taxons \ Code Prélèvements		PR 2	PR 6	PR 9	PR 12	PR 14
Pollens	Pinus	0	1	2	1	3
	Pinus sylvestris	0	0	0	2	3
	Quercus	1	5	0	5	5
	Tilia	0	1	0	0	0
	Fagus	0	0	1	1	0
	Corylus	0	0	1	0	1
	Alnus	1	1	0	0	0
	POACEAE	3	6	1	2	4
	CICHORIOIDEAE	2	10	3	6	12
	ASTERACEAE	1	2	4	0	2
	CARYOPHYLLACEAE	0	0	0	1	1
	CHENOPODIACEAE	2	1	1	1	2
	Plantago	0	0	1	0	2
	Plantago lanceolata	1	1	2	1	2
	Cerealia type	0	1	1	0	0
	Papaver	0	1	0	0	0
	Centaurea	0	0	0	0	1
	Centaurea type nigra	0	1	0	0	0
	Centaurea type jacea	0	0	1	0	0
	RANUNCULACEAE	0	0	0	1	0
	RUBIACEAE	1	0	0	0	0
	Thalictrum	3	0	0	0	0
	CYPERACEAE	3	1	0	7	2
	Sparganium	1	0	0	0	0
	Lemna	2	0	0	3	0
	Spores	Asplenium	0	0	0	1
Spore monolète		25	11	12	8	15
Spore trilète		0	0	0	1	1
Non pollinique	Concentricyste	2	2	0	0	1
	Ascospores gp coprophiles – Type HdV-55 – So	1	0	0	0	0
	Amérospores – Type TM-505	0	0	2	0	0
	Microrestes hyalins– Type TM-358	0	0	1	0	0
	Microrestes hyalins– Type TM-520	0	0	1	0	0
	Amérospores – Type HdV-207	0	4	7	0	5
	Spores algales et supposées – Type TM-4021	1	0	0	0	0
	Microrestes hyalins – Type HdV-181	0	1	0	0	0
	Microrestes hyalins – Type HdV-182	0	0	0	0	1
	SOM. pollen (somme de base)	21	32	18	31	40
SOM. Sporo-pollinique	46	43	30	41	56	
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	6841	5751	4264	2606	3594	
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	14985	7728	7107	3447	5032	

Figure 4. Comblement de la mardelle de Mompach à Pafebiérg, opération archéologique 2019-080, Z. Décap ST2 LOG1., CNRA. Comptages correspondant aux pollens et spores déterminés dans chacun des 5 prélèvements testés. Les valeurs grisées correspondent à des sommes polliniques, sommes sporo-polliniques et pour les deux dernières lignes à des concentrations absolues de pollens et de spores + pollens. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains par volume (mL) de sédiment.

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores et Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque	Ordre de priorité
PR 2	21	46	14985	6841	Moyen	13		3
PR 6	32	43	7728	5751	Moyen	14	assoc. de cultures	3
PR 9	18	30	7107	4264	Moyen	12	assoc. de cultures	3
PR 12	31	41	3447	2606	Moyen	15		3
PR 14	40	56	5032	3594	Moyen	15		3

Figure 5. Comblement de la mardelle de Mompach à Pafebierg, opération archéologique 2019-080, Z. Décap ST2 LOG1., CNRA.. Tableau synthétisant les sommes, les concentrations absolues en spores et pollens (en nb/mL de sédiment) ainsi que la diversité taxonomique de chaque prélèvement. Quelques faits remarquables sont aussi indiqués. Un ordre de priorité d'analyses des échantillons de 1 à 5 est proposé en tenant compte de ces résultats.



Figure 6. Comblement de la mardelle de Mompach à Pafebierg, opération archéologique 2019-080, Z. Décap ST2 LOG1., CNRA.. Photographie d'un pollen de hêtre (*Fagus sylvatica*), grossissement x1000, prélèvement n°9. L'échelle représente des micromètres.



Figure 7. Comblement de la mardelle de Mompach à Pafebierg, opération archéologique 2019-080, Z. Décap ST2 LOG1., CNRA.. Photographie d'un pollen de pin type sylvestre (*Pinus type sylvestris*), grossissement x1000, prélèvement n°12. L'échelle représente des micromètres.

4. PRECONISATIONS

L'étude des échantillons a montré des résultats plutôt positifs. Des pollens ont systématiquement été détectés même si les concentrations absolues restent assez faibles (de 2600 à 6800 pollens / mL à comparer aux concentrations de 50000 grains / mL obtenus dans les contextes tourbeux). De plus, 20 à 30 taxons ont été identifiés et plusieurs associations végétales (dont l'association des cultures) repérées.

La détection systématique et relativement importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (de 16 à 62 Lycopodes comptés, Figure 5), témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique. Ce constat montre aussi que la faiblesse du stock pollinique tient à la pauvreté des sédiments et non à la méthodologie employée pour l'extraction.

Le temps de contact entre la pluie pollinique et les couches archéologiques est un facteur qui a pu jouer pour expliquer ces résultats. Tout dépend de la durée de fonctionnement, de la dynamique (vitesse) de comblement sédimentaire de la mardelle.

L'autre facteur important est le contexte de conservation pollinique. De nombreuses « enveloppes polliniques » et débris polliniques ont été constatés sans qu'il soit possible d'identifier les taxons. Une conservation différentielle semble avoir affecté les résultats puisque certains taxons résistants à la corrosion comme par exemple les Cichorioïdées, les spores monolètes apparaissent un peu plus représentés (Fig. 4). La nature des sédiments à dominance minérale laisse penser que les pollens se sont trouvés dans des contextes aérobies propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique.

En ce qui concerne le contenu pollinique, nous constatons une prédominance des pollens de plantes herbacées. Le paysage apparaît ouvert pour la plupart des prélèvements. L'image sera à affiner mais nous constatons une dominance des associations herbacées (prairies), avec les pollens de Poacées (ou graminées) mais aussi quelques pollens de céréales et de plantes accompagnatrices de cultures (ex. Chenopodiacées, *Centaurea sp.*, coquelicot (*Papaver sp.*)). Le plantain est aussi régulièrement détecté. Il est typique de sols piétinés, voire de prairies pâturées ?

Les boisements sont aussi représentés. La chênaie mixte avec le tilleul, le noisetier, le hêtre est identifiée. Le pin est aussi présent mais peut être d'origine lointaine ? L'aulne et le noisetier occupent probablement des secteurs humides peut-être une zone alluviale ou les bords d'une zone humide. Il semble y avoir un peu plus de pollens d'arbres pour les prélèvements réalisés en profondeur (à confirmer).

5. BIBLIOGRAPHIE

- CUGNY C., 2011 – Apport des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant nord pyrénéen. Entre référentiels actuels et reconstitution du passé. Thèse de doctorat, Université Toulouse 2 Le Mirail, 2 vol., 373 p.
- REILLE M., 1990 – Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS, Paris, 206 pages.
- REILLE M., 1992 - *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord.*, Editions Louis-Jean, Gap, 520 p.
- STOCKMARR J., 1972 – Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollens et spores*, 13, p. 615-621.
- VAN GEEL B., APTROOT A., 2006 – Fossil Ascomycetes in Quaternary deposits. *Nov Hedw*, 82, p. 313-329.

6. ANNEXE

6.1 Détail du protocole d'extraction utilisé :

Afin d'isoler et de concentrer les grains de pollen, le protocole utilisé au sein de l'UMR EPOC comporte les étapes suivantes :

Préparation du sédiment

1- Le sédiment (environ 5g) est séché à l'étuve à 40°C pendant une nuit ou plus, suivant la teneur en eau.

Estimation du volume de sédiment

2- Dans une éprouvette de 25cc en polypropylène, mettre 15cc d'eau distillée. Poser celle-ci sur une balance, faire la tare, puis ajouter le sédiment. La colonne d'eau augmente, enregistrer le poids ainsi que le volume.

Lavage du sédiment

Ce lavage permet de travailler sur deux proxies. La fraction supérieure est récupérée pour, en particulier, l'étude des foraminifères, et la fraction inférieure pour l'étude des pollens et dinoflagellés.

3- Prendre un tamis de maille 150µm et de diamètre 10cm, le poser sur un bécber de 1000ml. Vider le contenu de l'éprouvette sur le tamis, et laver délicatement à l'eau du robinet. Lorsque le résidu > à 150µm est propre, bien le rincer à l'eau distillée et le récupérer dans une coupelle toujours avec de l'eau distillée. La fraction inférieure récupérée dans le bécber est mise à décanter pendant 48h minimum. Ne pas oublier de couvrir les bécber pour éviter toute pollution.

Attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)

Cette attaque permet d'éliminer tous les organismes et particules calcaires.

4- Aspirer l'eau à l'aide d'une trompe à vide. Celle-ci est équipée, à l'extrémité du tuyau, d'un embout en plastique présentant un angle de 90° par rapport à la paroi du bécber. Cet embout permet d'éviter toute aspiration accidentelle du résidu décanté au fond du bécber. Récupérer le résidu dans un tube de 100ml à fond rond en polypropylène.

5- Centrifuger 7mn à 2500tr/mn. Eliminer l'eau, remettre en suspension avec l'agitateur. Mettre une ou deux pastilles de Lycopodes dans le tube, le nombre de pastilles étant défini en fonction de la concentration supposée en pollen ou en dinoflagellés. Elles permettent d'estimer les concentrations en palynomorphes.

6- L'attaque à l'HCl à **froid** se fait en trois étapes. Une première attaque à **10%**, remuer à l'aide d'une baguette d'agitation en verre, laisser agir quelques minutes, si le sédiment est riche en carbonates il est important de commencer par l'HCl à faible concentration afin d'éviter une importante effervescence et également un débordement des tubes. Continuer par de l'HCl à **25%** attendre quelques minutes et terminer par de l'HCl à **50%**. Cette dernière attaque est essentielle pour la suite de la manipulation. Bien s'assurer que la réaction est terminée en ajoutant de l'HCl à 50%. Lorsqu'il n'y a plus d'effervescence dans le tube, la réaction est terminée.

Attaque à l'acide fluorhydrique (HF)

Cette attaque permet d'éliminer la silice et les silicates.

7- Centrifuger les tubes de 100ml pendant 7mn à 2500tr/mn et éliminer le surnageant. Remettre le culot en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **45% à froid**. Fermer les tubes avec le bouchon approprié et les poser sur le secoueur, laisser agiter pendant 4 à 5h. Bien respecter la concentration de l'HF, car une concentration supérieure peut entraîner une forte effervescence, avec risque de perte de sédiment.

8- Centrifuger à nouveau les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **70% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant **28 à 30h**.

Note : Attention pour faire cette manipulation il est impératif de respecter les mesures de sécurité, mettre des longs gants, ainsi que des lunettes. Travailler toujours sous hotte aspirante bien fermée. Travailler également les tubes toujours fermés.

Deuxième attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)

Elimination des fluorosilicates.

9- Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HCl à **25% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant 15mn.

Note : Il est très important de faire cette attaque à l'HCl avant de rincer à l'eau distillée. Des risques de formation de fluorures peuvent avoir lieu et donc gêner le reste de la manipulation.

Rinçage

10- Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension le culot avec l'agitateur, remplir les tubes d'eau distillée. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn. Eliminer l'eau, les résidus sont prêts pour la filtration.

Filtration

Cette opération nécessite la mise en œuvre d'un système de filtration. Ce matériel est posé sur une fiole à vide de 2l reliée à une trompe à vide.

11- Remettre en suspension le culot avec l'agitateur et verser une partie ou la totalité du résidu, suivant la concentration, sur le filtre en nylon de maille 10µm. Rincer à l'eau distillée avec une pissette de 50ml. La contenance de la pissette est essentielle car elle permet de l'avoir bien en main et donc de presser suffisamment fort pour avoir un jet assez puissant pour la filtration. Lorsque cela colmate, mettre 20 à 40s d'ultrasons et rincer abondamment, en même temps, avec la pissette. Le succès de cette opération est basé sur la coordination entre les ultrasons et la pissette. Il est important de bien gérer le temps des ultrasons, car l'abus peut casser les microorganismes.

12- Récupérer le résidu, une fois bien lavé, avec la pissette dans un tube à fond conique de 50ml en polypropylène. Bien froisser le filtre entre les doigts pour décoller éventuellement les micro-organismes qui pourraient rester sur le filtre.

13- Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant à l'aide de la trompe à vide munie de l'embout à 90°. Transvaser le résidu avec de l'eau distillée dans un tube à fond conique de 8cc en plastique. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant toujours avec la trompe à vide. Le résidu est prêt pour le montage.

14 – En fonction du caractère organique du résidu il est parfois nécessaire d'effectuer un traitement supplémentaire au HNO3 : Séparation du culot en 2 puis sur une moitié, attaque HNO3 2mn, filtration 10µ, 20s Ultra son, 2mn HNO3, filtration 10µ

Montage

Montage à la glycérine bidistillée phénolée (lames mobiles)

Cette technique de montage est utilisée pour l'étude des grains de pollen.

14b- Poser une lame sur la plaque chauffante (T° 200°C-250°C), mettre sur celle-ci une goutte de glycérol (*voir annexes*), ajouter quelques gouttes de résidus, doser suivant la concentration voulue. Laisser évaporer l'eau. Pendant ce temps préparer la lamelle en posant sur les longueurs de la lamelle de l'histolaque. Une fois l'évaporation terminée poser la lamelle sur la lame. Retirer la lame de la plaque chauffante et luter les deux côtés restants.

Conservation

15- Pour la conservation remplir les tubes de 8cc d'eau distillée, puis ajouter quelques gouttes de glycérine bidistillée phénolée

Annexes

- Fournisseur des pastilles de lycopodes

Lund University
Department of Geology
Quaternary Sciences
Sölvegatan 12
SE-223 62 Lund
Sweden
Fax : 46-46-2224830

- Fournisseur des filtres de 10µm

Saulas et Cie
5, rue des epinettes
BP 20
10160 Paisy cosdon
fax : 03 25 40 74 87

- Préparation de la gélatine glycinée

Mettre dans un bécher 10g de gélatine plus 34,2cc d'eau distillée. Laisser reposer pendant 2h à froid sans agitation. Ensuite, ajouter 51cc de glycérol à 98% plus 1g de phénol. Chauffer jusqu'à complète dissolution. La solution se solidifie à froid. Lors du montage mettre le bécher sur la plaque chauffante.

- Préparation du glycérol bidistillé phénolé pour la conservation

Mettre dans 1l de glycérol à 98% 1% de phénol.

6.2 Description des échantillons et des traitements

Site / Opération	Numéro d'US	Masse totale (g)	RQ
Mompach, 2019-080-ST2 LOG1	PR02 (1.05m)	15	Couche minérale gris
Mompach, 2019-080-ST2 LOG1	PR06 (1.25m)	23	Couche minérale gris
Mompach, 2019-080-ST2 LOG1	PR09 (1.42m)	29	Couche minérale gris
Mompach, 2019-080-ST2 LOG1	PR12 (1.6m)	28	Couche minérale gris
Mompach, 2019-080-ST2 LOG1	PR14 (1.72m)	40	Couche minérale gris

Figure 8. Description des prélèvements avant extraction pollinique

SERIE N°	Coul (N,B,R,V)	Sol Exotique (lycopodes..)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	VOL	HCL	HF 48%	HF 70%	filtration 5/10/15 microns	filtration Ultrason(s)	Type de montage (G,L)	Date de montage	NB de lame	Résidu (I,M,F,N)
2395	B	lycopodes	20848	A	PR 02	4	X	X	X	10	40	L	14/1/20	1	M
2395	B	lycopodes	20848	B	PR 06	4	X	X	X	10	40	L	14/1/20	1	M
2395	B	lycopodes	20848	C	PR 09	4	X	X	X	10	40	L	14/1/20	1	M
2395	B	lycopodes	20848	D	PR 12	4	X	X	X	10	40	L	14/1/20	1	M
2395	B	lycopodes	20848	E	PR 14	4	X	X	X	10	40	L	14/1/20	1	M

Figure 9. Description des traitements réalisés (UMR EPOC)